

新たな設備環境における「工作実習」の実践

“Practice of Manufacturing” in a New Facility Environment

平 社 和 也, 三 林 洋 介, 川 森 重 弘

Kazunari Hirakoso, Yosuke Sanbayashi and Shigehiro Kawamori

玉川大学工学部エンジニアリングデザイン学科, 194-8610 東京都町田市玉川学園6-1-1

Department of Engineering Design, College of Engineering, Tamagawa University,

6-1-1 Tamagawagakuen Machida-shi Tokyo 194-8610

Abstract

Due to the relocation of the facility in 2020, it has become difficult to provide adequate instruction to students in "Practice of manufacturing". Therefore, to improve the conventional teaching methods in "Practice of manufacturing", we produced and introduced visual teaching materials.

Keywords: practice of manufacturing, visual teaching materials, metal processing,

1. はじめに

本学工学部エンジニアリングデザイン学科では、ものづくりに必要な基礎知識を身につけ、工作機械による基本的な加工技術を習得するための科目として、「工作実習」を開講している。工作実習の授業では、学生が実際に機械操作や手仕上げ作業を行い、あらかじめ設定された課題を製作する。

工作実習はこれまで、本学大学8号館の実習工場で開催されていたが、2020年度から新校舎STREAM Hall 2019のメーカーズフロアで実施されるようになった。新たな設備環境になったことで、工作機械の種類や台数が大幅に変わり、実技指導についても従来の方法からの変更が求められた。これまで行われていた実技の主な指導方法は、図と文章で構成された作業手順書に基づき、教員・技術職員（以下、指導者）が実際の作業の様子を学生に見せる形式であった。

しかし、新たな設備環境では、実習エリアが縮小され、工作機械の数が少なくなったため、工作

機械1台あたりの学生数が増え、これまで行っていた指導者の実技をみせる方法では、授業を履修している学生すべてが一度で加工作業の十分な教示を受けることが難しくなった。

さらに、新校舎移転と同じ時期に起きたCOVID-19の感染拡大に伴い、学生が大学に登校して授業を受講する対面形式での実施が制限されることとなり、実習授業における実技時間の制約も生じた。

このような背景から、新たな設備環境において、また、対面形式による実習時間が制限された状況であっても、学生が十分な教示を受けることができるように、工作実習の新たな実技指導の方法を検討した。本稿では、2021年度の工作実習で実施された、映像教材の導入とそれを用いた実技指導を中心に、新たな設備環境における工作実習の実践について報告する。

2. 新たな設備環境と工作実習の概要

2.1 新たな設備環境と課題点

第1章で述べた通り，2020年度から工作実習を実施する施設が移転したことに伴い，工作機械の種類と設置台数に大幅な変化があった．新旧施設（旧施設：実習工場，新施設：メーカーズフロア）における主な工作機械の台数を表1に示す．工作実習は，主に旋盤とフライス盤による加工作業を中心に進められ，実習工場では汎用旋盤と汎用フライス盤を主として使用していたが，メーカーズフロアでは卓上旋盤と卓上フライス盤を主として使用する．図1に工作実習が実施されるメーカーズフロアの全景を示し，図2と図3に実習で主として使用する旋盤とフライス盤を示す．

工作実習の履修者数は，例年一授業あたり20名前後であり，実習時には2班に分かれて作業を行う．実習工場における実習では，旋盤とフライス盤とも機械1台あたり2～3名で使用していたが，メーカーズフロアにおける実習では，主として使用する卓上旋盤と卓上フライス盤が各々3台ずつの設置のため，機械1台あたり3～4名で使用する．必然的にメーカーズフロアでの実習では，1人あたりの加工作業時間が従来の実習よりも少なくなるため，実技指導の時間的な効率化が求められる．また，指導者による実技指導時には，学生が機械の周囲から加工工程の一部始終を見るため，機械稼働中の安全を確保しつつ，加工作業

表1. 新旧施設における主な工作機械の台数

| | 実習工場 | メーカーズフロア |
|---------------------|------|----------|
| 汎用旋盤 | 12 | 1 |
| 卓上旋盤 | 0 | 3 |
| 汎用フライス盤 (立フライス盤) | 5 | 1 |
| 横フライス盤 | 2 | 0 |
| 万能フライス盤 | 2 | 0 |
| 卓上フライス盤 | 0 | 3 |
| ボール盤 | 7 | 4 |



図1. メーカーズフロアの全景
(写真奥のエリアに工作機械が設置されている)



図2. 工作実習で主として使用する旋盤



図3. 工作実習で主として使用するフライス盤

を注視するための十分な空間が必要とされる。しかし、メーカーズフロアにおける機械の設置状況では、機械の周囲に学生が立つ場所はあるものの、立ち位置によっては、加工作業を見ることが難しいこともあった。

以上のように、新たな設備環境において工作実習を実施する際には、実技指導の時間的な効率化と実技指導時の学生の立ち位置の違いによって生じる差異の解消が課題点として明らかになった。

2.2 工作実習の授業内容

工作実習の授業内容について、2021年度の例を表2に示す。1回目の授業では、実習で使用する測定器（ノギスとマイクロメータ）の使い方や工作機械（旋盤、フライス盤など）の構造と特性について学ぶ。2回目から13回目の授業では、履修者を2班に分け、旋盤とフライス盤について各々6回分ずつ実習を行う。実習時には、旋盤とフライス盤による加工を主としつつ、ボール盤や切断機、折り曲げ機などの他の工作機械による加工作業も体験する。2021年度の製作課題は「ペンスタンド」であり、旋盤とフライス盤の各々の実習で部品を作製し、1つの完成品として仕上げる。ペンスタンドの完成品を図4に示す。実習を終えた14回目の授業では、動画教材¹⁾²⁾を鑑賞して、各機械で行った実習の内容を復習する。15回目の授業では、まとめとして授業を通して学んだ加工技術についてレポートを作成する。

2.3 授業で使用する教材と課題点

工作実習の授業で使用する教材は、工作機械の構造や手仕上げ作業に使用する工具の取り扱い等が記載された「新版 工作実習テキスト」³⁾、製作課題の組立図及び部品図、作業手順書、安全に関する注意説明書の4種類である。過去の実習で使用されていた教材の一例として、フライス盤加工の作業手順書を図5に示す。

表2. 工作実習の授業内容（2021年度）

| 授業回 | 授業内容 |
|-----|---|
| 1 | ・ガイダンス ・測定器（ノギス・マイクロメータ）の使い方、旋盤及びフライス盤の基礎知識を学ぶ。 |
| 2 | 2～13回は、旋盤とフライス盤で各2班に分かれて各々6回ずつ実習を行う。 ・各工作機械について、課題の作製を通して基本的な加工方法を習得する。 ・実習では扱わない工作機械（シャーリング、マシンングセンター、放電加工機など）について、実際の加工工程を観察する。 |
| 3 | |
| 4 | |
| 5 | |
| 6 | |
| 7 | |
| 8 | |
| 9 | |
| 10 | |
| 11 | |
| 12 | |
| 13 | |
| 14 | 動画教材を鑑賞して、これまでの実習を復習する。 |
| 15 | 実習で学んだ加工技術についてのレポート作成する。 |



図4. 2021年度の製作課題「ペンスタンド」

2020年度までは、これらの教材をもとに、口頭での説明と実際の作業の様子を見せることにより指導を行っていた。特に学生が実習中に参照するのは、加工手順の説明が記載されている作業手順書である。そして、実習中に学生から質問を寄せられることが多かったのも作業手順書に関するものであった。主な質問は次の3点である。

- (1) 作業手順書の図と実際に使用する材料の対応関係
 - (2) 材料と工具の位置関係
 - (3) 加工後の材料の状態について
- (1)は、当該作業に使用する材料が作業手順書に示された図と同一であることを確認する質問である。使用する材料は、実習開始時に複数配布する

ため、学生にとっては間違いを避けるために確認する必要があると考えたのであろう。(2)は、作業手順書に記載されている図が一方向の視点から描かれた略図であるため、実際の材料や工具をどのように段取りすればよいか理解が不足していることが原因と考えられる。(3)は、作業手順書に加工後の仕上り寸法が記載されているものの、切削した面などが意図どおりに加工できたかどうか不安を感じたためであると考えられる。各加工工程のはじめには、指導者が学生の目の前で作業の様子を見せながら口頭による説明を行っているが、2.1節でも述べた通り、学生の見位置や角度によっては、加工作業の全体を見ることができず、作業手順書だけでは情報が足りずに質問に至っていることが考えられる。学生から寄せられたどの質問においても、教示の際に加工作業が見えにくいこと、作業手順書の情報不足を一因にしていることが考えられたため、教材に映像を用いて

改善を図ることにした。

3. 映像教材の制作と導入

3.1 映像教材の制作

第2章で述べた課題点を改善するため、映像教材を制作した。ここでいう映像とは、カメラで撮影した静止画と動画を指す。具体的には、加工工程ごとに段取りから仕上げまでを説明した動画、加工時の撮影画像を挿入した作業手順書の2種類の教材である。

加工工程ごとに一連の作業を説明した動画は、第2章で示した学生からの質問(1)～(3)のすべてに応えられる内容と構成にした。動画の構成は下記の通りである。

- (i) 各加工工程で使用する材料の説明
- (ii) 材料と工具の段取り(3方向からの視点)
- (iii) 加工作業の一部始終
- (iv) 加工後の材料の説明

動画には、機械の作動音や環境音を含むものの、指導者による音声での説明は収録されていない。これは、実習中に動画を閲覧しながら指導者による口頭での説明を行うことと、実習中の環境音により動画音声は聴こえにくいことを想定したためである。動画内での説明には、材料や工具に照準を絞り、指差しによって位置関係や注目点を示した。特に、材料の段取りにおいて工具をどのように使用するか等も動作を省略せずに収録した。また、機械稼働中に材料からどのような切粉が生じて、どのように飛散するかという点も加工作業では重要になるため、工具の動きについても一部始終を収録した。制作した動画の例として、段取り場面を映した六面加工の説明動画を図6に、機械稼働時の場面を映した溝加工の説明動画を図7に示す。

加工時の撮影画像を挿入した作業手順書は、第2章に示した学生からの質問(2)・(3)に応えられるように、加工工程において重要となる材料と工具の位置や部品の仕上りの撮影画像を挿入し、注

| エンジニアリングデザイン学科 フライス盤 部品加工マニュアル1 | | 部品名: 固定具 材質: A6063 | 氏名: | |
|------------------------------------|------|---|---|--|
| No | 加工工程 | 作業方法 | 使用工具等 | 切削条件 |
| 4 | 面加工 | <p>■4面加工</p> <ul style="list-style-type: none"> ・正面フライスで4面を加工する ・Z方向目盛り0点あわせ ・荒加工0.95まで切り込む ・切削油をつけて仕上げ加工1.00まで切り込む ・図①②③④の側面を順番に加工する <p>※加工後必ずヤスリでバリ取りを行う 切粉を清掃して取り付ける</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・正面フライス ・パラレル ・ヤスリ ・ノギス | <ul style="list-style-type: none"> ・回転: 1240rpm (HA2) ・手送り ・切込量 荒削り: 0.95 仕上げ: 0.05 |
| 1 | 面加工 | <p>・材料のセット</p> <p>バイスの中央にパラレルを置き、その上に材料をのせる。 手で上から押さえるがバイスハンドルをしっかりと握る。 □バイスはしっかり締めたか □Z軸クランプはしっかり締めたか</p> <p>・荒削り 材料の右端で高さ方向のゼロあわせを行う。材料を左に押し、切込を0.95まで入れる。手動でゆっくり削る。</p> <p>・仕上げ 材料を左に押し、切込1.00まで入れる。手動でゆっくり削る。</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・正面フライス ・パラレル ・ヤスリ ・ノギス | <ul style="list-style-type: none"> ・回転: 1240rpm (HA2) ・手送り ・切込量 荒削り: 0.95 仕上げ: 0.05 |
| 2 | 面加工 | <p>・2回目の加工</p> <p>①で削った面をバイスの固定口金の面に押し当てる。</p> <p>・荒削り 材料の右端で高さ方向のゼロあわせを行う。材料を左に押し、切込を0.95まで入れる。手動でゆっくり削る。 □バイスはしっかり締めたか □Z軸クランプはしっかり締めたか</p> <p>・仕上げ 材料を左に押し、切込1.00まで入れる。手動でゆっくり削る。</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・正面フライス ・パラレル ・ヤスリ ・ノギス | <ul style="list-style-type: none"> ・回転: 1240rpm (HA2) ・手送り ・切込量 荒削り: 0.95 仕上げ: 0.05 |
| 3 | 面加工 | <p>・3回目の加工</p> <p>②で削った面をバイスの固定口金の面に押し当てる。材料を固定させるためハンマーでたたく。 □バイスはしっかり締めたか □Z軸クランプはしっかり締めたか</p> <p>・荒削り 材料の右端で高さ方向のゼロあわせを行う。材料を左に押し、切込を0.95まで入れる。手動でゆっくり削る。</p> <p>・仕上げ 材料を左に押し、切込1.00まで入れる。手動でゆっくり削る。</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・正面フライス ・パラレル ・ヤスリ ・ノギス ・ハンマー | <ul style="list-style-type: none"> ・回転: 1240rpm (HA2) ・手送り ・切込量 荒削り: 0.95 仕上げ: 0.05 |

図5. 従来のフライス盤加工の作業手順書



図 6. 六面加工の説明動画（段取りの場面）



図 7. 溝加工の説明動画（機械稼働時の場面）

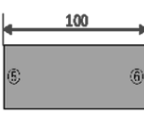

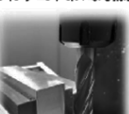
| No | 加工工程 | 作業方法 | 使用工具 | 切削条件 |
|----|---|---|---|--------------------------------|
| 1 | 全長決め加工  | ■全長決め加工 ・全長を100mmにするために、⑤⑥の面をラフィングエンドミル、4枚刃エンドミルを使用して切削する。 | | |
| 2 | 【略図】 上面   ラフィングエンドミルによる荒取り  4枚刃エンドミルによる仕上げ | ■全長決め加工 ・まず素材をノギスで確認する 全長()mm ・X方向目盛り0点あわせ ・φ10mmのラフィングエンドミルで荒取りする。 荒取りの削り量()mm ・φ12mmの4枚刃エンドミルで仕上げ削りをする。仕上げの削り量は0.03~0.01。 仕上げの削り量()mm ・図⑤⑥の側面を順番に加工する ※加工後必ずヤスリでバリ取りを行う 切粉を清掃して取り付ける | ・ラフィング エンドミル ・4枚刃 エンドミル ・パラレル ・ヤスリ ・ノギス | ・回転 ()rpm (,) ・手送り |

図 8. 材料と工具の位置を明示した画像入りの作業手順書

| | | | |
|----|---|--|---|
| 11 |  φ18のドリルで下穴をあける  φ19.5のエンドミルで曲がり修正  リーマと部品にペーストをつける  リーマ加工 | ■リーマ加工 ○リーマ加工を行う ・まず、先に空けておいた下穴にφ18のドリルで穴あけを行う。 ・次にφ19.5のエンドミルを下穴に通す。エンドミルは、ドリルの下穴の曲がり修正するために使用する。 ・最後に、リーマと加工面にペーストをつけてから回転させてリーマ加工を行い仕上げる。 ※加工後の穴は必ずカウンターシンクでバリ取りを行う リーマ加工した面 | ドリル ・回転 ()rpm (,) エンドミル ・回転 ()rpm (,) リーマ ・回転 ()rpm (,) ・手送り |
|----|---|--|---|

図 9. 部品の仕上り画像入りの作業手順書

目する点を指し示した。制作した作業手順書の例を図 8 と図 9 に示す。

3.2 映像教材を使用した教示

従来の授業では、指導者による口頭での説明と加工作業の実技を示した後に学生が作業するという順番で実習が進められていたが、2021年度は今回提案した映像教材を導入した授業を実施し、下記に示す順番で教示を行った。

- ① 口頭による加工工程の説明
- ② 指導者による加工作業の実技
- ③ 動画による加工作業の説明
- ④ 学生による加工作業

教示の際は、実際の材料や工具と作業手順書を照らし合わせながら確認するよう学生に促し、動画の閲覧時には、学生自身が作業する時の視点を意識するように指導した。

映像教材を用いて実習の指導を行った結果、加工作業前に必要となる教示の時間が大幅に増えたが、第 2 章に示した学生からの質問(1)～(3)のような問いかけはほとんど無くなった。また、これまでの実習では、質問への対応として指導者が同じ加工作業の実技を何度もやってみせることがあったが、動画教材を用いた加工作業の説明を取り入れたことで、学生は一度の説明で理解して

加工作業に取り組むことができた。

4. まとめと今後の課題

本稿では、新たな設備環境において様々な制約がある状況でも、学生が十分な教示を受けることができるように、工作実習における新たな実技指導の方法を検討し、改善策として制作された映像教材の導入とそれを用いた実技指導について報告した。今回新しく制作した教材を用いたことで、新たな設備環境において不十分になっていた実技指導の方法の改善を図ることができた。今後は、映像教材の有効性に関して学生へのアンケートを実施し、教材および実技指導方法の改善を行いたい。

謝辞

筆者らと共に工作実習の指導を行い、実習における教示の改善について多くの助言をいただいた本学工学部助手の今泉博貴先生、技術職員の上玉利健一先生、杉山輝之先生に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 澤武一：金属加工シリーズ 旋盤加工の基礎 上巻，日刊工業新聞社，(2016)
- 2) 澤武一：金属加工シリーズ フライス盤加工の基礎 上巻，日刊工業新聞社，(2018)
- 3) 玉川大学工学部実習工場：新版 工作実習テキスト，玉川大学DTS，(2008).

2021年12月28日原稿受付，2022年1月4日採録決定

Received, December 28th, 2021; accepted, January 4th, 2022